

Kalibrierung als Grundlage für sichere Prüfergebnisse

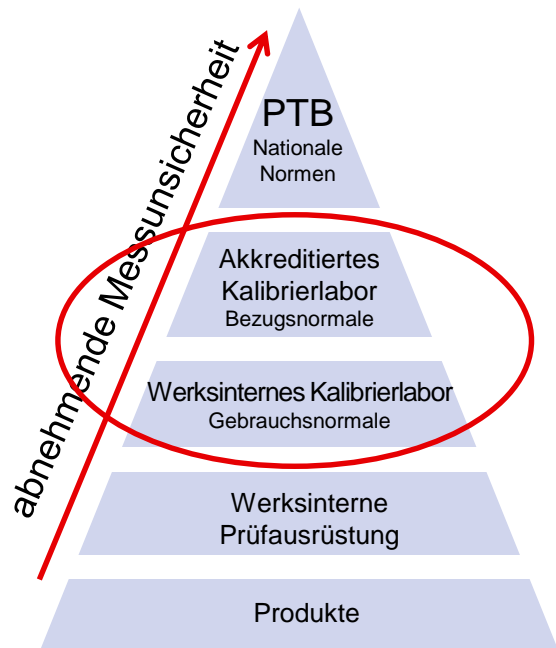
Interpretation, Messunsicherheit, und Klasseneinteilung bei der Kalibrierung

Stephan Baumann

Oktober 2017

Die Messunsicherheit steigt über die Kalibrierkette.

- Kalibrierung beinhaltet:
 - rückgeführtes Messen
 - Anwendung validierter (normierter) Verfahren
 - Kompetenz (DIN EN ISO/IEC 17025)
 - unter Angabe von Messunsicherheiten



**Beschreibung einer Kalibrierung am
Beispiel einer Materialprüfmaschine**

**Kraftaufnehmer
nach DIN EN ISO 7500-1**

**Längenänderungsaufnehmer
nach DIN EN ISO 9513**

**Darstellung des
Messunsicherheitsbudgets**

**Form eines DAkkS-Kalibrierscheins
mit Konformitätsaussage**

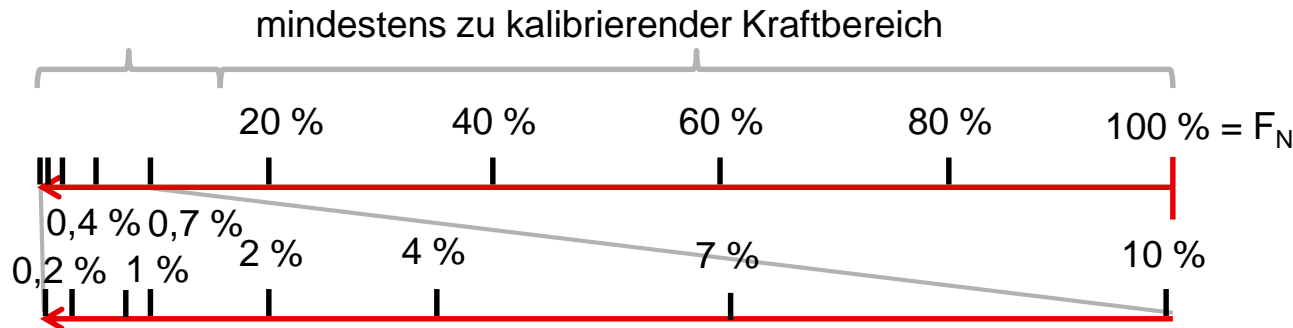
Fazit und Diskussion

Das internationale Wörterbuch der Metrologie definiert Kalibrierung sehr präzise.

- Kalibrierung:
Tätigkeit, die unter festgelegten Bedingungen in einem ersten Schritt eine Beziehung zwischen den durch Normale zur Verfügung gestellten Größenwerten mit ihren Messunsicherheiten und den entsprechenden Anzeigen mit ihren beigeordneten Messunsicherheiten herstellt und in einem zweiten Schritt diese Information verwendet, um eine Beziehung herzustellen, mit deren Hilfe ein Messergebnis aus einer Anzeige erhalten wird.

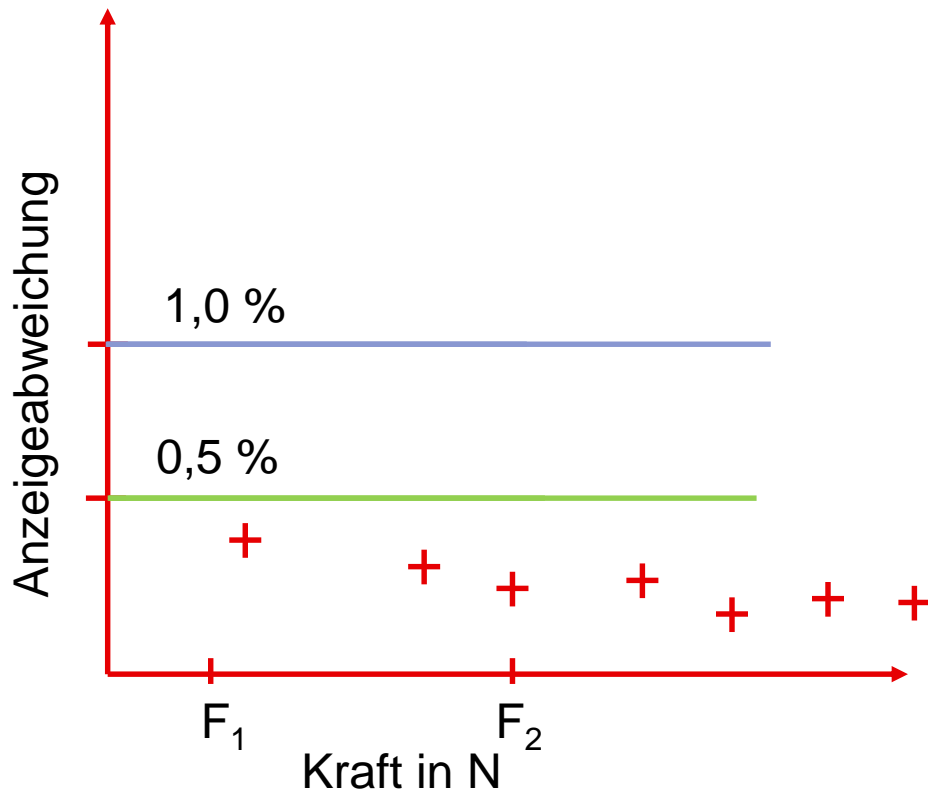
Die Kalibrierung der Materialprüfmaschine erfolgt nach aktuellen Normen für die Kalibrierung der Kraftmesseinrichtung.

- Kalibrierung der Kraftmesseinrichtung nach DIN EN ISO 7500-1 : 2016-05
 - Beschreibung des Systems aus Kraftaufnehmer und Messkette
 - Überprüfen des einwandfreien Zustandes der Materialprüfmaschine
 - Kalibrierung der Kraftanzeige unter Verwendung rückgeführter Gebrauchsnormale
 - für jede Kraftmesseinrichtung
 - für jeden Anzeigebereich



- Zwick Kalibrierungen umfassen zusätzlich zum notwendigen Umfang einer Kalibrierung zusätzliche Kraftstufen bis zu 0,1 % des Nennwertes

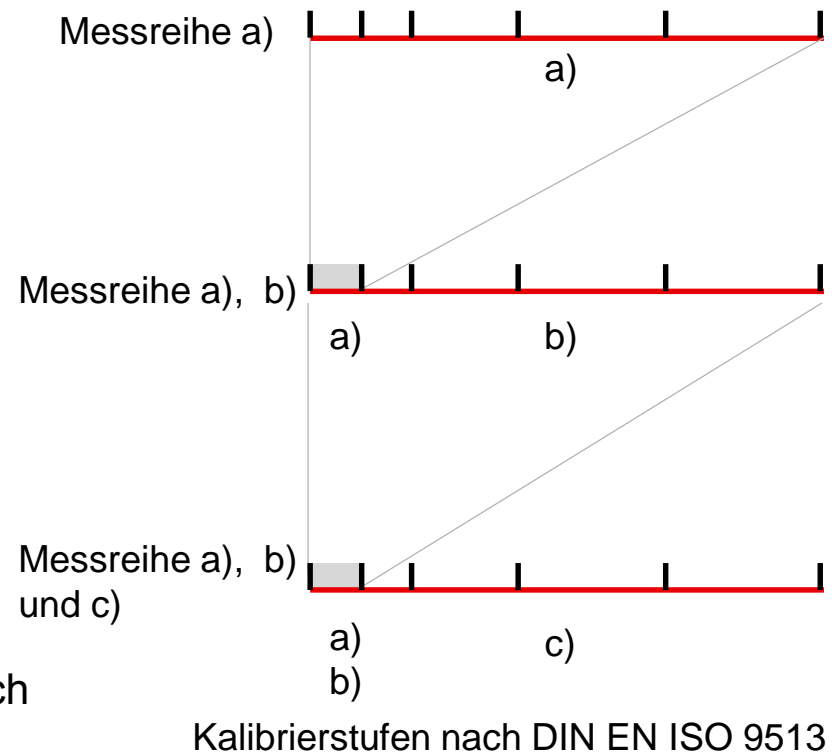
Beispiele für die Klassifizierung nach DIN EN ISO 7500-1:2016 unter Berücksichtigung der Messunsicherheit nach DIN EN ISO 7500-1 Beiblatt 4.



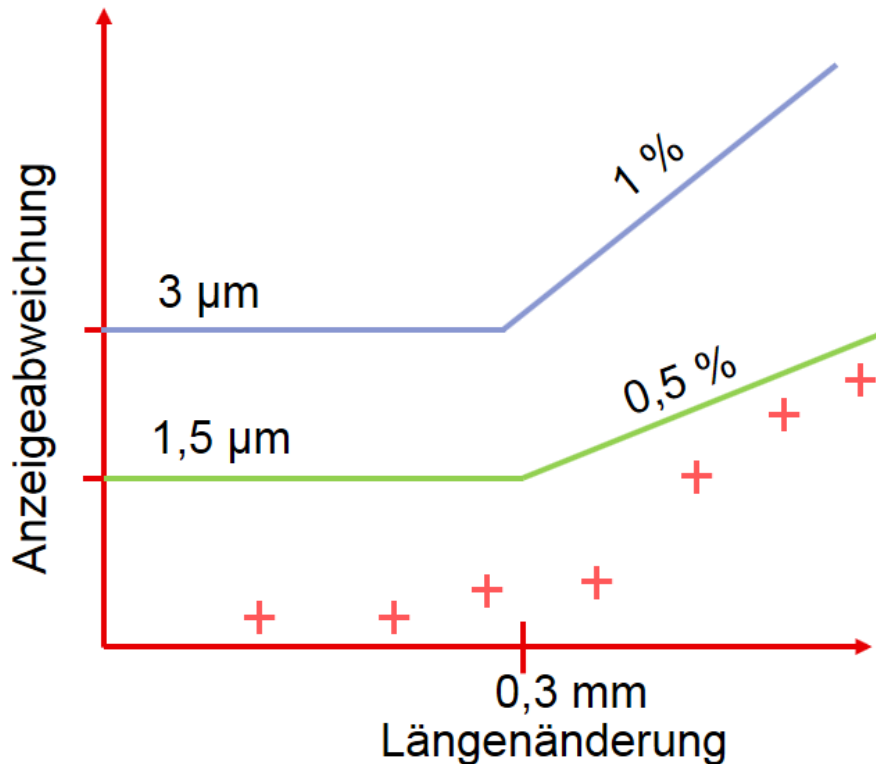
- Relative Anforderungen an die Klassen der DIN EN ISO 7500-1
- Klassifizierung des Kalibriergegenstandes unter Berücksichtigung der Messunsicherheit
 - nach DIN EN ISO 7500-1 Beiblatt 4
 - durch Addition der Messunsicherheit zu den Messwerten

Die Kalibrierung der Materialprüfmaschine erfolgt nach aktuellen Normen für die Kalibrierung der Längenänderungs-Messeinrichtung.

- Kalibrierung der Längenänderungs-Messeinrichtung nach DIN EN ISO 9513 : 2013-05
 - Beschreibung des Systems aus Längenänderungs-Messeinrichtung und Messkette
 - Kalibrierung der Anzeige der Längenänderungs-Messeinrichtung unter Verwendung rückgeführter Gebrauchsnormale
 - Dokumentation des Zustandes „wie vorgefunden“ ggf. Dokumentation des Zustandes „wie zurückgelassen“ bzw. „nach Justage“



Beispiele für die Klassifizierung nach DIN EN ISO 9513:2013 unter Berücksichtigung der Messunsicherheit nach DIN EN ISO 9513:2013 Anhang A.



- Absolute und relative Anforderungen an die Klassen der DIN EN ISO 9513
- Der jeweils höhere Wert ist gültig
- Klassifizierung des Kalibriergegenstandes unter Berücksichtigung der Messunsicherheit
 - nach Anhang A
 - durch Addition der Messunsicherheit zu den Messwerten

**Beschreibung einer Kalibrierung am
Beispiel einer Materialprüfmaschine**

**Kraftaufnehmer
nach DIN EN ISO 7500-1**

**Längenänderungsaufnehmer
nach DIN EN ISO 9513**

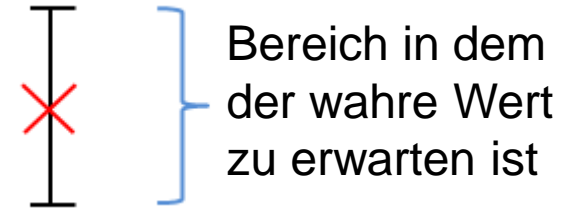
**Darstellung des
Messunsicherheitsbudgets**

**Form eines DAkkS-Kalibrierscheins
mit Konformitätsaussage**

Fazit und Diskussion

Bei DAkkS-Kalibrierzertifikaten erfolgt die Konformitätsaussage unter Angabe der Messunsicherheit.

- Messunsicherheit als statistische Abschätzung aus:



- Gebrauchsnorm

- Messunsicherheit aufgrund der Kalibrierung des Gebrauchsnormals

- Langzeitdrift des Gebrauchsnormals (aus Historie)

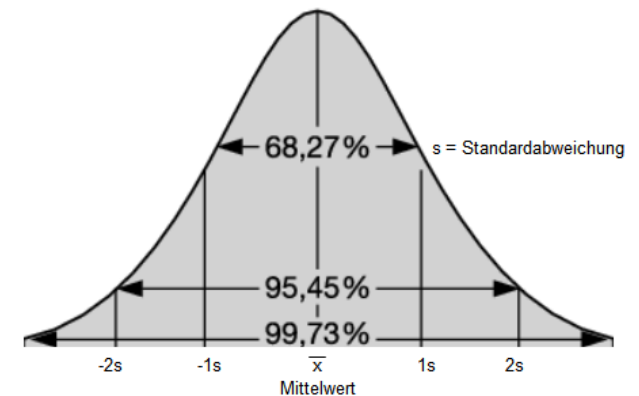
- Umgebungsbedingungen (ΔT zwischen Einsatz und Kalibrierung Gebrauchsnormal)

- Messunsicherheit aus Linearitätsabweichung

- Kalibriergegenstand

- Auflösung des Kalibriergegenstandes

- Wiederholpräzision des Kalibriergegenstandes



- Angegeben wird die erweiterte Messunsicherheit $U \rightarrow$ Die ermittelten Werte liegen mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % im zugeordneten Werteintervall

**Beschreibung einer Kalibrierung am
Beispiel einer Materialprüfmaschine**

**Kraftaufnehmer
nach DIN EN ISO 7500-1**

**Längenänderungsaufnehmer
nach DIN EN ISO 9513**

**Darstellung des
Messunsicherheitsbudgets**

**Form eines DAkkS-Kalibrierscheins
mit Konformitätsaussage**

Fazit und Diskussion

Interpretation eines DAkkS-Kalibrierscheins mit Konformitätsaussage

- Darstellung des Akkreditierungszeichens und der Kalibriermarke
- Beschreibung des Kalibriergegenstandes inklusive
 - Art
 - Hersteller und Typ
 - Werknummer und Baujahr
 - Standortbeschreibung
- Datum der Kalibrierung, durchführender Techniker und Laborleiter bzw. Stellvertreter

Zwick / Roell

**Zwick
Materialprüfung**

Zwick GmbH & Co. KG · August-Nagel-Straße 11 · D-89079 Ulm

akkreditiert durch die / accredited by the

Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH



als Kalibrierlaboratorium im / as calibration laboratory in the

Deutschen Kalibrierdienst DKD

| |
|-------------|
| J40112 |
| D-K- |
| 18351-01-00 |
| 2016 - 10 |

Kalibrierschein
Calibration Certificate

Kalibrierzeichen
Calibration mark

| | |
|---|--|
| Gegenstand Object | Materialprüfmaschine Materials Testing Machine |
| Hersteller Manufacturer | Zwick GmbH & Co. KG August-Nagel-Straße 11 89079 Ulm |
| Typ Type | 250kN RetroLine |
| Fabrikat/Serien-Nr. Serial number | 152281 – 2001 Modernisiert 2016 Inv.-Nr.: 346 / 08974 / 01 |
| Auftraggeber Customer | Firmenname Abteilung bzw. Standort der Maschine Adresse 1 Adresse 2 |
| Auftragsnummer Order No. | DO482449 / SA2013162.00 |
| Anzahl der Seiten des Kalibrierscheines Number of pages of the certificate | - 10 - |
| Datum der Kalibrierung Date of calibration | 27.-28.10.2016 |

Dieser Kalibrierschein dokumentiert die Rückführung auf nationale Normale zur Darstellung der Einheiten in Übereinstimmung mit dem internationalen Einheitensystem (SI).
Die DAkkS ist Unterzeichner der multilateralen Übereinkommen der European co-operation for Accreditation (EA) und der International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) zur gegenseitigen Anerkennung der Kalibrierscheine.
Für die Einhaltung einer angemessenen Frist zur Wiederholung der Kalibrierung ist der Benutzer verantwortlich.
*This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).
The DAkkS is signatory to the multilateral agreements of the European co-operation for Accreditation (EA) and of the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) for the mutual recognition of calibration certificates.
The user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.*

Dieser Kalibrierschein darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen der Genehmigung sowohl der Deutschen Akkreditierungsstelle GmbH als auch des ausstellenden Kalibrierlaboratoriums. Kalibrierscheine ohne Unterschrift haben keine Gültigkeit.
This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of both the Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH and issuing laboratory. Calibration certificates without signature are not valid.

| | | |
|---------------|--|--------------------------------|
| Datum Date | Stellv. Leiter des Kalibrierlaboratoriums Deputy Head of the calibration laboratory | Bearbeiter Person in charge |
| 16.11.2016 | Glöckler | Richter |

Interpretation eines DAkkS-Kalibrierscheins mit Konformitätsaussage

- Normative Verweisung
Bsp. DIN EN ISO 7500-1 : 2016-05
- Verwendete Gebrauchsnormale mit Angabe der Kalibrierscheinnummern
- Beschreibung der erweiterten Messunsicherheit U
- Umgebungsbedingungen zum Zeitpunkt der Kalibrierung
- Allgemeine Untersuchung der Maschine
- Legende

Zwick
Kalibrierlaboratorium / Calibration laboratory

| |
|-----------------|
| J40112 |
| D-K-18351-01-00 |
| 2016 - 10 |

Seite 2 zum Kalibrierschein vom / Page 2 of the calibration certificate from 16.11.2016

1 Ergebnisse zur Messgröße Kraft / Results for the quantity force to be measured

1.1 Kalibrierverfahren / Calibration method

Die Kalibrierung der gesamten Messkette, einschließlich aller Soft- und Hardwarekomponenten erfolgte beim Auftraggeber nach DIN EN ISO 7500-1:2016-05.

The calibration of the complete measuring chain, including all soft- and hardware components, was carried out at customer site according to DIN EN ISO 7500-1:2016-05.

1.2 Verwendete Gebrauchsnormale und Prüfgeräte / Used working standards and testing devices

| Digitalkompensator Digital compensator | Seriennummer Serialnumber | Kalibrierschein-Nr. Calibration certification No. |
|--|------------------------------|--|
| MGCplus | 8011057972 | 5547 D-K-15106-01-00 2015-02 |
| Kraftaufnehmer und Gewichte Load cell and weights | Seriennummer Serialnumber | Kalibrierschein-Nr. Calibration certification No. |
| 250 kN | F21554 | 5545 D-K-15106-01-00 2015-02 |
| 10 kN | 53575 | 5324 D-K-15106-01-00 2014-10 |
| 2 kN | J20927 | 5327 D-K-15106-01-00 2014-11 |

1.3 Messunsicherheit / Measuring uncertainty

Angegeben ist die erweiterte Messunsicherheit, die sich aus der Standardmessunsicherheit durch Multiplikation mit dem Erweiterungsfaktor $k = 2$ ergibt. Sie wurde gemäß DAkkS-DKD-3 ermittelt. Der Wert der Messgröße liegt mit einer Wahrscheinlichkeit von 95% im zugeordneten Werteintervall.

The expanded measuring uncertainty according to DAkkS-DKD-3 is specified, which is calculated by multiplying the standard measuring uncertainty by the factor $k = 2$. The probability of the measurement value in the dedicated interval is 95%.

1.4 Umgebungsbedingung / Environmental conditions

Raumtemperatur / Room temperature : 21,8 °C ± 1 °C

1.5 Einzelergebnisse / Individual results

1.5.1 Allgemeine Untersuchung der Prüfmaschine / General inspection of the testing machine

- a) Aufstellung und Aufbau der Maschine / Installation and construction of the machine
 - b) Zustand und Funktion der Maschine / Condition and functioning of the machine
 - c) Zustand der Druckplatten / Condition of the compression plates
 - d) Prüfung des Traversenantriebs / Testing of the crosshead drive
- überprüfte Positionen: a, b, d Die Untersuchung ergab keine Beanstandung.
checked positions: a, b, d The inspection did not give cause for complaints.

1.5.2 Legende für Ergebnistabelle / Legend for result table:

- F_i: Maschinenanzeige / Machine display
- F: wirklicher Wert / real value
- q: relative Anzeigeabweichung / relative display deviation
- b: relative Wiederholpräzision / relative range
- u: relative Umkehrspanne / relative reversible range
- a: relative Auflösung / relative resolution
- U: relative Messunsicherheit für q und u / relative measurement uncertainty for q and u

Interpretation eines DAkkS-Kalibrierscheins mit Konformitätsaussage

- Beschreibung des Kalibriergegenstandes
- Einbaulage des Kalibriergegenstandes
- Messkette des Kalibriergegenstandes
- Beschreibung der durchgeführten Kalibrierung und Ergebnisse
- Kalibrierergebnisse der einzelnen Kalibrierstufen

Beziehung zwischen durch Normale zur Verfügung gestellten Größenwerten und einer Anzeige

Zwick
Kalibrierlaboratorium / Calibration laboratory

| |
|-----------------|
| J40112 |
| D-K-18351-01-00 |
| 2016 - 10 |

Seite 3 zum Kalibrierschein vom / Page 3 of the calibration certificate from 16.11.2016

1.6 Kalibriergegenstand / Calibration object

Kraftmesseinrichtung mit / Force measuring device with:

| Kraftaufnehmer; Fmax Load cell; Fmax | Typ Type | Hersteller Manufacturer | Hersteller-Nr. Manufact.-No. | Werk-Nr. Serial-No. |
|---|-------------|----------------------------|---------------------------------|------------------------|
| 250 kN | Xforce K | GTM | 43443 | 152282 |

Der Kraftaufnehmer war unter der Fahrtraverse montiert.
The load cell was mounted below the moving crosshead.
Steckplatz / Slot : 1

1.6.1 Ergebnistabellen / Result tables

Werte nach Modernisierung / Values after modernisation: wie zurückgelassen / as left

Die Messwerte der Tabellen wurden aus 3 Messreihen mit zunehmender Prüfkraft und einer 4. Messreihe mit abnehmender Prüfkraft berechnet.

The measured values of the tables have been calculated out of 3 measurement series with increasing test load and of a 4th measurement series with decreasing test load

Die Master-Kraftaufnehmer wurden bei allen Messungen vor Beginn der 2. und 3. Messreihe um 120° gedreht.

For all measurements, the Master-load cells were turned by 120° before starting the 2nd and 3rd measurement serie.

| Prüfrichtung : Zug / Prüfraum: unten Test direction: Tensile / Test area: lower | | | | | | |
|--|----------|--------|--------|--------|--------|----------|
| F _i in N | F in N | q in % | b in % | v in % | a in % | U in ± % |
| 500 | 499,5 | 0,11 | 0,08 | -0,04 | 0,20 | 0,16 |
| 1000 | 998,4 | 0,16 | 0,07 | 0,07 | 0,10 | 0,12 |
| 1750 | 1746,6 | 0,19 | 0,05 | 0,03 | 0,06 | 0,12 |
| 1750 | 1746,7 | 0,19 | 0,07 | 0,04 | 0,06 | 0,13 |
| 2500 | 2494,3 | 0,23 | 0,03 | -0,02 | 0,04 | 0,12 |
| 5000 | 4989,1 | 0,22 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,12 |
| 10000 | 9977,4 | 0,23 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,12 |
| 10000 | 9984,3 | 0,16 | 0,03 | 0,18 | 0,01 | 0,12 |
| 17500 | 17474,9 | 0,14 | 0,01 | 0,21 | 0,01 | 0,12 |
| 25000 | 24962,9 | 0,15 | 0,01 | 0,19 | 0,00 | 0,12 |
| 50000 | 49924,1 | 0,15 | 0,01 | 0,15 | 0,00 | 0,12 |
| 100000 | 99831,5 | 0,17 | 0,01 | 0,10 | 0,00 | 0,12 |
| 150000 | 149720,5 | 0,19 | 0,00 | 0,08 | 0,00 | 0,12 |
| 200000 | 199606,1 | 0,20 | 0,01 | 0,05 | 0,00 | 0,12 |
| 250000 | 249480,9 | 0,21 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,12 |

Relative Nullpunktabweichung / Relative zero deviation f₀ = 0,00%

Eine Klassifizierung betrachtet über die Anzeigeabweichung hinaus weitere Eigenschaften des Kalibriergegenstandes.

- Auszug aus DIN EN ISO 7500-1:2016-05 mit Ergänzung der Forderung an die Messunsicherheit nach DIN EN ISO 7500-1 Beiblatt 4 :2013-03

| Kraft nach / Force according to: DIN EN ISO 7500-1 mit Beiblatt 4 / with supplementary sheet 4 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|--|--|
| Maschinen- klasse <i>Class of machine</i> | Höchstzulässiger Wert in % <i>Maximum permissible value in %</i> | | | | | |
| | Relative Anzeigeabweichung <i>Relative error of accuracy</i> q | Relative Wiederholpräzision <i>Relative error of repeatability</i> b | Relative Umkehrspanne <i>Relative error of reversibility</i> ν | Relative Nullpunkt- abweichung <i>Relative error of zero</i> f_0 | Relative Auflösung <i>Relative resolution</i> a | Relative Messunsicherheit <i>Relative measure- ment uncertainty</i> U |
| 0,5 | ± 0,5 | 0,5 | ± 0,75 | ± 0,05 | 0,25 | 0,3 |
| 1 | ± 1,0 | 1,0 | ± 1,5 | ± 0,1 | 0,5 | 0,5 |
| 2 | ± 2,0 | 2,0 | ± 3,0 | ± 0,2 | 1,0 | 1,1 |
| 3 | ± 3,0 | 3,0 | ± 4,5 | ± 0,3 | 1,5 | 1,6 |

Darstellung der Form eines DAkkS-Kalibrierscheins am Beispiel der Kraftkalibrierung.

- Klassifizierung des Kalibriergegenstandes unter Berücksichtigung der Messunsicherheit für jeden Anzeigebereich.
 - für jede Prüfrichtung.
 - einzelne Messbereiche können unterschiedlich klassifiziert werden.

Zwick
Kalibrierlaboratorium / Calibration laboratory

| |
|-----------------|
| J40112 |
| D-K-18351-01-00 |
| 2016 - 10 |

Seite 4 zum Kalibrierschein vom / Page 4 of the calibration certificate from 16.11.2016

| Prüfrichtung : Druck / Prüfraum: unten Test direction: Compression / Test area: lower | | | | | | |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------------|
| F_i in N | F in N | q in % | b in % | v in % | a in % | U in \pm % |
| 500 | 499,2 | 0,17 | 0,04 | 0,00 | 0,20 | 0,15 |
| 1000 | 996,9 | 0,32 | 0,11 | -0,05 | 0,10 | 0,13 |
| 1750 | 1744,9 | 0,29 | 0,02 | 0,00 | 0,06 | 0,12 |
| 1750 | 1744,9 | 0,29 | 0,04 | -0,03 | 0,06 | 0,13 |
| 2500 | 2493,8 | 0,25 | 0,03 | 0,00 | 0,04 | 0,13 |
| 5000 | 4986,5 | 0,27 | 0,01 | -0,03 | 0,02 | 0,12 |
| 10000 | 9974,8 | 0,25 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,12 |
| 10000 | 9979,1 | 0,21 | 0,06 | 0,33 | 0,01 | 0,12 |
| 17500 | 17467,2 | 0,19 | 0,02 | 0,25 | 0,01 | 0,12 |
| 25000 | 24953,7 | 0,19 | 0,03 | 0,19 | 0,00 | 0,12 |
| 50000 | 49907,0 | 0,19 | 0,02 | 0,14 | 0,00 | 0,12 |
| 100000 | 99787,4 | 0,21 | 0,02 | 0,09 | 0,00 | 0,12 |
| 150000 | 149633,0 | 0,25 | 0,02 | 0,06 | 0,00 | 0,12 |
| 200000 | 199439,4 | 0,28 | 0,01 | 0,03 | 0,00 | 0,12 |
| 250000 | 249219,3 | 0,31 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,12 |

Relative Nullpunktabweichung / Relative zero deviation $f_0 = 0,00\%$

1.6.2 Konformitätsaussage / Conformity statement

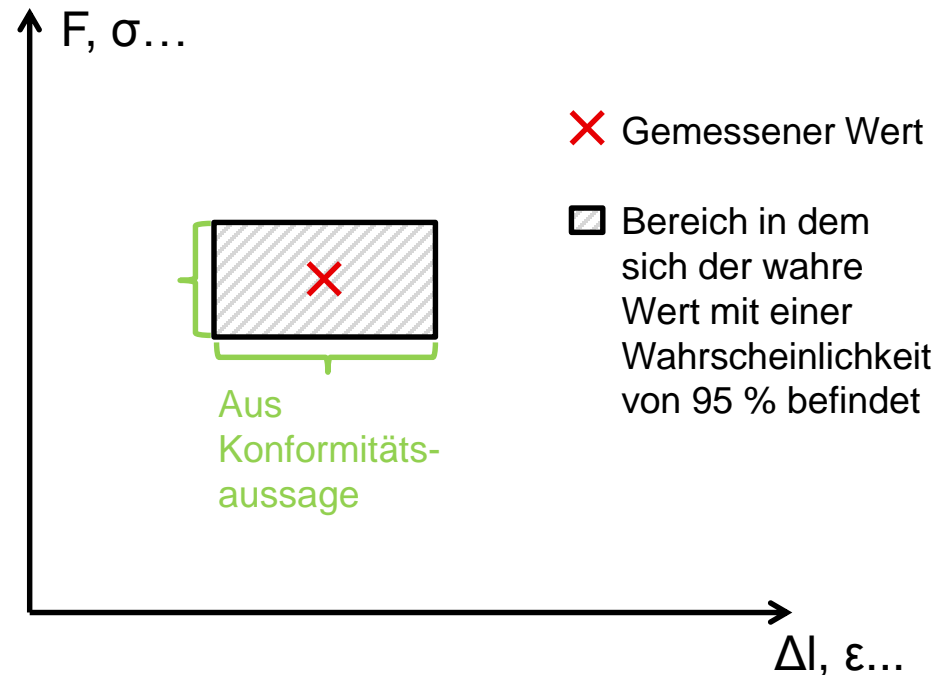
Die Kraftmesseinrichtung wurde gemäß der aufgeführten Norm(en) kalibriert. Die erweiterte Messunsicherheit wird für die Klassifizierung gemäß Beiblatt 4 zur DIN EN ISO 7500-1 mit berücksichtigt. Die Prüfmaschine kann wie folgt eingesetzt werden:

The force measuring device was calibrated according to the listed standard(s). The expanded measuring uncertainty is considered for the classification according supplementary sheet 4 to DIN EN ISO 7500-1. The Materials Testing Machine can be used as follows:

| im Anzeigebereich in the indication range | von from | bis to | Prüfrichtung test direction | Klasse Class |
|--|-------------|-----------|--------------------------------|-----------------|
| 250 kN | 500 N | 250000 N | Zug / Tensile | 0,5 |
| | 500 N | 250000 N | Druck / Compression | 0,5 |

DAkkS-Kalibrierzertifikate weisen aus, in welchem Intervall sich der wahre Wert der jeweiligen Messgröße befindet.

- Während einer Materialprüfung generierte Werte haben einen Intervall in dem der wahre Wert zu erwarten ist.
- Ein Kalibrierschein hilft den Einfluss der Messeinrichtungen auf ein Ergebnis zu bestimmen.
- Einflüsse durch den Bediener werden nicht betrachtet.



**Beschreibung einer Kalibrierung am
Beispiel einer Materialprüfmaschine**

**Kraftaufnehmer
nach DIN EN ISO 7500-1**

**Längenänderungsaufnehmer
nach DIN EN ISO 9513**

**Darstellung des
Messunsicherheitsbudgets**

**Form eines DAkkS-Kalibrierscheins
mit Konformitätsaussage**

Fazit und Diskussion

Durch Interpretation des Kalibrierscheins kann abgeschätzt werden, welche Messunsicherheit die Maschine in die Materialprüfung einbringt.

- Ein Kalibrierschein weist die Anzeigeabweichung der Materialprüfmaschine aus.
- Zusätzliche Angaben im Kalibrierschein geben Informationen über:
 - Wiederholpräzision, Umkehrspanne, Auflösung und Messunsicherheit bei Kraftkalibrierung.
 - Auflösung und Messunsicherheit bei Längenkilibrierung.
- Durch die Angaben im Kalibrierschein kann der Bereich des wahren Wertes zu einem gemessenen Wertes errechnet werden.
- Ein DAkkS Kalibrierschein bietet eine belastbare Aussage über die Messunsicherheit der Materialprüfmaschine.
- Der Anwender legt fest, welche seiner Materialprüfmaschinen wann und wie kalibriert werden. Er ist auch verantwortlich für die Kalibrierintervalle.